## SiO<sub>2</sub>上へのニッケルシリサイド超薄膜の形成と化学結合状態分析 Formation of Ultra-thin Nickel Silicide Layer on SiO<sub>2</sub>/Si Substrate and Chemical Bonding Feature Analysis

名大工<sup>1</sup>,名大院工<sup>2</sup>,<sup>o</sup>木村圭佑<sup>1</sup>,西村俊介<sup>2</sup>,田岡紀之<sup>2</sup>,大田晃生<sup>2</sup>,牧原克典<sup>2</sup>,宮﨑誠一<sup>2</sup> <sup>1</sup>Sch. of Eng., Nagoya Univ.,<sup>2</sup>Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ.,

> °K. Kimura<sup>1</sup>, S. Nishimura<sup>2</sup>, N. Taoka<sup>2</sup>, A. Ohta<sup>2</sup>, K. Makihara<sup>2</sup>, and S. Miyazaki<sup>2</sup> E-mail: kimura.keisuke@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

**序>**近年、厚さを数 nm 以下まで薄くした金属ナノシートは特定の分子のセンシングや電界効果 を用いた抵抗変調などの特性を示すことが報告されており、これらを利用したデバイスに注目が 集まっている[1,2]。一方で、金属薄膜は高い温度での熱処理によって凝集を起こし[3]、シート構 造を維持することは困難であると考えられる。本研究では、既存の Si-ULSI プロセスと親和性の 高い Ni シリサイドに注目し、SiO<sub>2</sub>上に形成した Ni/Si 積層の熱処理による Ni シリサイド超薄膜 の形成を試みた。

**実験方法**>0.1%の希フッ酸で洗浄を行った SiO<sub>2</sub> (300 nm)/Si 基板上に、電子ビーム蒸着によって Si(3 nm)を堆積し、その後 Ni(2 nm)を堆積した。作製した試料を、窒素雰囲気中で 400 ℃ または 600℃ で 1 分間熱処理した。これらの試料について、原子間力顕微鏡(AFM)及び X 線光電子分光 (XPS)を用いて表面形態及び化学結合状態を調べた。

結果および考察>Fig.1 に AFM 表面形状像から求めた平均二乗 (RMS) 粗さの熱処理温度依存性 を示す。熱処理前では、表面粗さ RMS 値は、~0.2 nm と原子レベルで平坦な表面が得られている ことが分かる。また、600℃の熱処理後においても、RMS 値に優位な変化は認められず、熱処理 前の表面平坦性が保たれていることが分かる (図中に挿入した AFM 像参照)。Fig.2 に熱処理前後 の試料の Ni 2p<sub>3/2</sub>および Si 2p 内殻光電子スペクトルを示す。ここで、光電子脱出角度は 90°であ り、それぞれの信号強度を Ni 2p<sub>3/2</sub> 信号の積分強度で補正している。Ni 2p<sub>3/2</sub> スペクトルにおいて、 熱処理前は Ni 金属及び Ni 酸化成分が観測され、熱処理後に Ni 非酸化成分において高結合エネル ギー側への化学シフトが認められる。また 600℃ の熱処理後は、Ni 酸化成分がほとんど検出され ず、還元反応が進行していることがわかる。一方、Si 2p スペクトルは熱処理後にピークが増大し ており、Si 原子の試料表面側への拡散が起こっていることが分かる。これらの結果から Si と Ni の合金化反応が面内均一に進行し、局所的な凝集が生じることなく平坦シリサイド薄膜が形成さ れたことを示唆している。また、熱処理後に Si 酸化成分が増大することから、Ni/Si 積層薄膜のシ リサイド化において、試料表面での Si の酸化と Ni の還元が同時進行することも明らかとなった。 当日はニッケルジャーマナイド超薄膜との比較も踏まえて、薄膜化が表面形態、結晶相および化 学結合状態へ与える影響について議論する。

**謝辞>**本研究の一部は科研費基盤研究(19H00762 及び 21H04559)の支援により行われた。 参考文献>[1] T. Tanaka et al, IEEE Trans. Electron Dev, **66** (2019)5393. [2] S. Dushenko et al, Nature Communications, **9** (2018)3118. [3] P. R. Gadkari et al, J. Vac. Sci. Technol. A, **23** (2005) 1152.





Fig. 1 RMS roughness values of the Ni/Si stacked layers on the SiO<sub>2</sub>/Si structure before and after N<sub>2</sub> anneal, which were evaluated with AFM. An AFM image of the Ni/Si stacked layer annealed at 600°C is shown in the inset.

Fig. 2 (a) Ni  $2p_{3/2}$  and (b) Si 2p spectra for the Ni/Si stacked layer on a ~300-nm-thick SiO<sub>2</sub>/Si structure before and after N<sub>2</sub> anneal at different temperatures.